

OPTIMALISASI DISTRIBUSI RANTAI PASOK SAYURAN SEGAR MELALUI *DISCRETE EVENT SIMULATION*: STUDI LITERATUR BERBASIS KASUS DISTRIBUSI HORTIKULTURA DI KOTA CIREBON, JAWA BARAT

Akram Rayyan Permana^{1*}, Wahyu Yusuf Siregar², Dimas Nugraha Al Faris³, Muhammad Hilmi Giffari⁴

¹⁻⁴ Program Studi Manajemen Logistik, Fakultas Logistik Teknologi dan Bisnis, Universitas Logistik dan Bisnis Internasional, Bandung, Indonesia

Email: akramrayyan2005@gmail.com

Abstract

The distribution of fresh vegetables in West Java Province continues to face major challenges, including logistical inefficiencies, prolonged lead times, and high post-harvest losses. The lack of integration within the agribusiness supply chain leads to significant resource waste, quality degradation, and economic losses at the farm level reaching up to 30-40%. Discrete Event Simulation (DES) is a simulation approach based on discrete events that enables detailed modeling of logistics systems and the testing of optimization scenarios without direct intervention in real-world operations. This literature study analyzes national and international publications concerning the application of DES in the distribution of horticultural commodities, particularly in developing countries such as Indonesia. The findings consistently show that DES can reduce distribution lead times by up to 35%, lower logistics costs by 25%, and improve fleet utilization and route efficiency. Consequently, DES holds great potential as a strategic decision-support tool for agribusiness distribution planning in West Java, aimed at enhancing logistics efficiency, minimizing post-harvest losses, and strengthening regional food security.

Keywords: *Discrete Event Simulation, Vegetable Supply Chain, Logistics Efficiency, West Java.*

Abstrak

Distribusi sayuran segar di Provinsi Jawa Barat masih menghadapi tantangan signifikan berupa inefisiensi logistik, tingginya lead time distribusi, dan besarnya tingkat kehilangan hasil panen. Ketidakterpaduan sistem rantai pasok agribisnis menyebabkan pemborosan sumber daya, penurunan kualitas produk, serta kerugian ekonomi di tingkat petani hingga mencapai 30-40%. Discrete Event Simulation (DES) merupakan

Article history

Received: Desember 2025

Reviewed: Desember 2025

Published: Desember 2025

Plagiarism checker no 80

Doi : prefix doi :

[10.8734/musytari.v1i2.365](https://doi.org/10.8734/musytari.v1i2.365)

Copyright : Author

Publish by : Musytari



This work is licensed under a [creative commons attribution-noncommercial 4.0 international license](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

metode simulasi berbasis kejadian diskrit yang mampu memodelkan sistem logistik secara rinci dan mengevaluasi berbagai skenario optimasi tanpa perlu intervensi langsung terhadap sistem aktual. Studi literatur ini menganalisis berbagai publikasi nasional dan internasional terkait penerapan DES dalam distribusi komoditas hortikultura, khususnya di negara berkembang termasuk Indonesia. Hasil kajian menunjukkan bahwa DES secara konsisten mampu menurunkan lead time distribusi hingga 35%, menekan biaya logistik sebesar 25%, serta meningkatkan utilisasi armada dan efisiensi rute pengiriman. Oleh karena itu, DES berpotensi menjadi alat pendukung pengambilan keputusan yang strategis dalam perencanaan distribusi agribisnis sayuran di Jawa Barat, guna mendukung efisiensi logistik, mengurangi kehilangan hasil, dan memperkuat ketahanan pangan daerah.

Kata Kunci: *Discrete Event Simulation*, Rantai Pasok Sayuran, Efisiensi Logistik, Jawa.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki potensi besar dalam produksi komoditas hortikultura, terutama sayuran segar. Menurut Badan Pusat Statistik (2022), produksi sayuran nasional mencapai lebih dari 12,5 juta ton, dengan kontribusi terbesar berasal dari Pulau Jawa, khususnya Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur. Namun demikian, meskipun produksi meningkat, tantangan utama dalam sektor hortikultura nasional justru terletak pada aspek distribusi dan efisiensi rantai pasok, terutama untuk komoditas sayuran yang bersifat mudah rusak (*perishable*).

Sayuran sebagai komoditas pertanian memiliki umur simpan yang sangat terbatas, sehingga distribusi tepat waktu dan terkendali sangat krusial untuk mempertahankan kualitas dan nilai jual produk. Inefisiensi dalam sistem logistik tidak hanya menyebabkan kerusakan fisik produk, tetapi juga menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan di tingkat petani dan pengepul. Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia (FAO, 2022) mencatat bahwa di negara berkembang, lebih dari 30-40% hasil hortikultura hilang sebelum mencapai konsumen akibat sistem logistik yang buruk.

Salah satu wilayah yang mencerminkan tantangan nyata dalam distribusi hortikultura adalah Cirebon, Provinsi Jawa Barat. Sebagai kota yang terletak strategis di jalur Pantura, Cirebon memiliki peran penting sebagai pusat produksi sekaligus transit distribusi sayuran ke wilayah Jabodetabek dan Jawa Tengah. Berdasarkan data dari Dinas Ketahanan Pangan, Pertanian dan Perikanan Kota Cirebon, total produksi sayuran tahun 2022 mencapai lebih dari 2.650 ton, dengan komoditas utama berupa bayam, kangkung, cabai rawit, dan tomat³. Sayangnya, tingginya angka produksi ini tidak sebanding dengan efektivitas rantai pasok yang tersedia di wilayah tersebut. Beberapa permasalahan utama yang ditemukan dalam sistem

distribusi hortikultura Cirebon antara lain: 1) Kurangnya armada logistik berpendingin (cold chain) sehingga produk cepat rusak di perjalanan; 2) Tidak adanya sistem penjadwalan distribusi yang sinkron antara petani, pengepul, dan pengangkut; 3) Masih terbatasnya penggunaan teknologi informasi dan komunikasi untuk koordinasi antar pelaku rantai pasok; dan 4) Ketergantungan pada jalur distribusi darat yang padat dan rentan kemacetan, terutama ke pasar-pasar besar seperti Kramat Jati, Jakarta.

Distribusi sayuran dari Cirebon menuju Jabodetabek yang idealnya memakan waktu sekitar 4-6 jam seringkali melampaui waktu tersebut akibat kondisi lalu lintas dan keterlambatan di titik pengumpulan. Hal ini memperburuk kondisi produk yang tidak memiliki kemasan pelindung atau pengatur suhu. Kerugian ekonomi yang dialami petani dan pengepul akibat kerusakan produk di sepanjang jalur distribusi dari Cirebon dapat mencapai 15-25% dari total volume pengiriman. Mengatasi permasalahan rantai pasok tersebut memerlukan pendekatan sistemik dan berbasis teknologi. Salah satu pendekatan yang terbukti efektif dalam memetakan dan mengevaluasi sistem logistik adalah Discrete Event Simulation (DES). DES merupakan metode pemodelan berbasis kejadian diskrit yang digunakan untuk menirukan proses nyata dalam sistem distribusi. Keunggulan utama DES adalah kemampuannya untuk: 1) Memodelkan kompleksitas logistik tanpa perlu mengganggu proses riil; 2) Mengidentifikasi bottleneck dan simulasi berbagai skenario; 3) Memberikan hasil prediktif berdasarkan parameter nyata. Di berbagai negara maju, DES telah banyak digunakan untuk mengoptimalkan rantai pasok produk segar, menurunkan lead time, serta meningkatkan efisiensi distribusi secara keseluruhan. Namun di Indonesia, penerapannya dalam sektor pertanian, khususnya hortikultura, masih sangat terbatas, baik karena keterbatasan akses teknologi maupun kurangnya penelitian literatur yang kontekstual dengan kondisi lokal.

Dengan latar belakang tersebut, studi ini disusun untuk melakukan kajian literatur sistematis mengenai penerapan Discrete Event Simulation dalam optimalisasi distribusi sayuran segar, dengan mengambil kasus Kota Cirebon sebagai acuan studi. Melalui pendekatan ini, penulis bermaksud mengidentifikasi strategi distribusi berbasis simulasi yang dapat diadaptasi oleh pelaku agribisnis lokal tanpa harus melakukan eksperimen lapangan yang mahal dan kompleks.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode studi literatur berbasis kasus pada distribusi hortikultura di wilayah Kota Cirebon, Jawa Barat. Data dikumpulkan melalui kajian pustaka terhadap publikasi ilmiah nasional dan dokumen laporan sektor pertanian dari instansi pemerintah daerah. Selain itu, data sekunder berupa laporan distribusi sayuran, statistik produksi hortikultura, dan studi kebijakan logistik daerah dianalisis untuk menguatkan konteks empiris studi. Metode ini memungkinkan peneliti memperoleh pemahaman mendalam terhadap potensi penerapan simulasi logistik berbasis DES.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rantai Pasok Sayuran Segar

Rantai pasok (*supply chain*) komoditas sayuran melibatkan aliran produk, informasi, dan dana mulai dari petani hingga konsumen akhir. Komoditas ini bersifat mudah rusak (*perishable*), memiliki siklus hidup pendek, serta sensitif terhadap waktu dan suhu selama penyimpanan dan transportasi. Oleh karena itu, efektivitas rantai pasok sangat dipengaruhi oleh kecepatan, keterpaduan, dan keakuratan sistem distribusi

Dalam konteks sayuran segar, proses rantai pasok umumnya mencakup: (1) panen di lahan petani, (2) pengumpulan dan penyortiran, (3) transportasi ke pasar atau gudang penyimpanan, (4) distribusi akhir ke konsumen. Namun, di banyak wilayah agribisnis di Indonesia, proses ini masih dilakukan secara manual dan kurang terkoordinasi. Akibatnya, banyak produk mengalami *post-harvest loss*, yaitu kehilangan kuantitas maupun kualitas produk setelah panen.

FAO (2022) melaporkan bahwa di negara berkembang, 35-50% hasil hortikultura rusak sebelum mencapai pasar akibat sistem logistik yang tidak efisien. Keterbatasan armada angkutan, rute yang tidak optimal, serta tidak adanya sinkronisasi antara jadwal panen dan jadwal distribusi memperparah kondisi ini. Oleh karena itu, diperlukan teknologi manajemen logistik yang dapat merancang dan menguji skenario distribusi secara menyeluruh dan adaptif terhadap dinamika lapangan.

Konsep Discrete Event Simulation (DES)

Discrete Event Simulation (DES) merupakan metode simulasi berbasis komputer yang menggambarkan sistem nyata melalui urutan kejadian diskrit yang terjadi pada titik waktu tertentu (Banks et al., 2010). DES sangat cocok untuk sistem yang bersifat kompleks, dinamis, dan tidak dapat diintervensi secara langsung, seperti distribusi logistik pertanian. Karakteristik utama DES antara lain:

- Sistem direpresentasikan oleh *entitas*, *proses*, dan *kejadian*.
- Waktu simulasi berjalan berdasarkan urutan kejadian, bukan waktu kontinu.
- Dapat digunakan untuk menganalisis *bottleneck*, mengoptimalkan aliran barang, serta mengevaluasi dampak dari berbagai skenario pengambilan keputusan.

Keunggulan DES dibandingkan pendekatan lain seperti *system dynamics* atau *agent-based modeling* adalah tingkat detail dan fleksibilitasnya dalam memodelkan berbagai aktivitas logistik seperti antrean muatan, waktu tunggu kendaraan, dan rotasi armada (Law dan Kelton, 2000).

Dalam konteks rantai pasok sayuran segar, DES dapat digunakan untuk:

- Memprediksi waktu distribusi dan kebutuhan kapasitas armada
- Menghitung dampak penyesuaian jadwal panen terhadap efisiensi logistik
- Membandingkan skenario alternatif tanpa mengganggu operasional nyata

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengaplikasikan DES dalam sektor agribisnis, khususnya untuk meningkatkan efisiensi logistik. Studi-studi tersebut menunjukkan hasil yang konsisten dalam hal pengurangan lead time, penghematan biaya, serta peningkatan efisiensi rute distribusi.

Tabel 1. Hasil data penelitian menggunakan *Discrete Event Simulation* (DES)

Penulis	Tahun	Lokasi/Objek	Metode	Hasil Utama
Putra dan Santoso	2019	Komoditas kentang di Jawa	DES	Lead time turun 22%
Wahyuni	2020	Hortikultura di Lembang	DES + GIS	Efisiensi distribusi meningkat, idle time menurun
Nugroho dan Siregar	2021	Sayuran dataran tinggi	DES	Biaya logistik turun 15%
Irawan dan Winoto	2022	Panen sayur di Bandung Barat	DES	Penyesuaian jadwal panen menurunkan losses
Hartono dan Suprpto	2023	Simulasi gudang distribusi	DES	Peningkatan efektivitas penggunaan armada

Studi-studi tersebut menyoroti pentingnya penerapan DES dalam mengelola aliran produk segar secara efisien, terutama di wilayah yang memiliki tantangan geografis dan distribusi terpencar. DES terbukti dapat membantu dalam:

- Pengambilan keputusan berbasis data
- Pengujian skenario “what if”
- Pengurangan ketergantungan pada intuisi atau eksperimen fisik

Temuan Umum dari Literatur

Berdasarkan analisis terhadap sejumlah artikel dan studi ilmiah yang mengaplikasikan *Discrete Event Simulation* (DES) dalam konteks rantai pasok sayuran segar, ditemukan bahwa metode ini secara konsisten memberikan dampak positif terhadap efisiensi logistik. Temuan umum yang muncul dari sebagian besar studi meliputi:

- Penurunan Lead Time: Waktu dari panen hingga produk sampai ke konsumen dapat dipangkas 15-35% dengan skenario distribusi yang dioptimalkan menggunakan DES.
- Pengurangan Biaya Distribusi: Beberapa studi mencatat penghematan logistik sebesar 10-25%, terutama pada biaya bahan bakar, jam kerja sopir, dan waktu tunggu.
- Peningkatan Utilisasi Armada: Simulasi memungkinkan penggunaan armada distribusi secara lebih efektif, mengurangi kendaraan menganggur dan meningkatkan rotasi perjalanan.
- Pengurangan Produk Rusak: Simulasi penjadwalan ulang dan rute lebih pendek berdampak pada berkurangnya kerusakan produk akibat waktu tempuh dan suhu lingkungan.

Misalnya, studi Putra dan Santoso (2019) menunjukkan bahwa perubahan rute distribusi berbasis simulasi dapat menurunkan waktu tempuh 5-8 jam dalam satu siklus pengiriman. Sedangkan Wahyuni (2020) menyimpulkan bahwa penyesuaian titik pengumpulan dan rotasi armada melalui simulasi mampu menurunkan biaya logistik harian sebesar Rp500.000 per unit kendaraan.

Strategi Optimasi yang Diuji dalam Simulasi

Dalam hampir seluruh literatur yang dikaji, terdapat tiga strategi utama yang diuji melalui model DES. Ketiganya menjadi dasar pengambilan keputusan logistik dalam sistem rantai pasok sayuran segar:

a. Penyesuaian Rute Distribusi

Penggunaan DES memungkinkan pemodelan berbagai skenario rute distribusi, termasuk pertimbangan jarak, kemacetan lalu lintas, dan kapasitas jalan. Strategi ini seringkali digabungkan dengan pendekatan algoritmik seperti *shortest path* atau *vehicle routing problem (VRP)* untuk mengidentifikasi jalur paling efisien.

b. Penjadwalan Ulang Panen

Sinkronisasi antara jadwal panen dan jadwal keberangkatan armada distribusi dapat meningkatkan kecepatan pemrosesan barang. Studi Irawan dan Winoto (2022) menemukan bahwa penyesuaian waktu panen berdasarkan simulasi mampu mengurangi waktu idle kendaraan hingga 20%.

c. Penambahan Kapasitas Armada

Meskipun menambah kendaraan bisa meningkatkan biaya awal, hasil simulasi pada beberapa kasus menunjukkan bahwa penambahan kapasitas dalam batas optimal justru meningkatkan efisiensi dalam jangka panjang, terutama ketika permintaan meningkat pada musim panen raya.

d. Kombinasi Strategi

Strategi gabungan terbukti memberikan hasil paling optimal. Studi Nugroho dan Siregar (2021) menunjukkan bahwa kombinasi antara rute optimal dan jadwal panen terkoordinasi mampu menurunkan lead time hingga 32% dibanding kondisi awal.

Tantangan Implementasi di Cirebon

Cirebon merupakan salah satu daerah penyangga pangan di Jawa Barat yang memiliki produksi sayuran cukup tinggi, terutama untuk komoditas sawi, bayam, cabai, dan tomat. Namun, distribusi hasil panen di wilayah ini menghadapi sejumlah tantangan krusial. Beberapa kecamatan seperti Grege, Gebang, dan Beber mengalami kesulitan dalam mengakses pasar utama di wilayah kota akibat keterbatasan armada dan waktu tempuh yang panjang. Hal ini menyebabkan produk yang dikirim dalam kondisi segar sering kali tiba dalam kondisi layu atau rusak, sehingga menurunkan harga jual.

Selain itu, sistem distribusi di tingkat koperasi dan kelompok tani umumnya belum berbasis data. Tidak ada sistem yang dapat memprediksi permintaan pasar secara real-time atau menyesuaikan rute distribusi berdasarkan kondisi lalu lintas, cuaca, dan waktu panen. Ketergantungan pada tengkulak dan perantara menyebabkan petani memiliki kendali yang minim terhadap harga jual dan jalur distribusi hasil panen mereka.

Kondisi ini menandakan pentingnya intervensi teknologi yang dapat mensimulasikan alur distribusi secara menyeluruh dan memberikan rekomendasi optimal dalam pengambilan keputusan logistik. Salah satu pendekatan yang relevan adalah penggunaan *Discrete Event Simulation (DES)*.

Meskipun DES terbukti efektif secara teoritis dan dalam simulasi akademik, penerapannya dalam konteks nyata menghadapi sejumlah tantangan, khususnya di Indonesia:

- Keterbatasan Data: Banyak pelaku agribisnis di Indonesia belum memiliki sistem pencatatan distribusi yang rapi dan terstandar, sehingga parameter simulasi sulit ditentukan secara akurat.
- Kurangnya Literasi Teknologi: Petani dan pelaku logistik lokal umumnya belum familiar dengan perangkat lunak simulasi seperti Arena, FlexSim, atau AnyLogic.
- Biaya Implementasi Awal: Pengembangan model simulasi yang andal memerlukan waktu, tenaga ahli, dan perangkat keras tertentu yang belum tentu tersedia di level UMKM.
- Resistensi terhadap Perubahan Prosedur: Sistem tradisional sering kali sudah menjadi kebiasaan, sehingga inovasi logistik berbasis simulasi sering ditolak tanpa adanya insentif yang jelas.

Peluang Implementasi dan Pengembangan

Di balik tantangan tersebut, terdapat peluang besar untuk mengadopsi DES sebagai alat bantu manajemen distribusi modern, antara lain:

- Integrasi dengan Teknologi IoT dan Sensor: Penggunaan sensor suhu, GPS, dan pelacak waktu nyata dapat meningkatkan akurasi input data simulasi.
- Model Hybrid: Penggabungan DES dengan algoritma prediksi cuaca, fluktuasi harga, atau permintaan konsumen dapat meningkatkan nilai praktis simulasi.
- Platform Digital untuk Koperasi Tani: Model sederhana berbasis web atau mobile dapat dikembangkan untuk membantu koperasi atau kelompok tani melakukan simulasi distribusi secara mandiri.
- Program Inkubasi Teknologi Pertanian: Kolaborasi antara universitas, startup agritech, dan pemerintah daerah dapat mendorong transfer pengetahuan dan adopsi teknologi DES secara lebih luas.

Manfaat Jangka Panjang dan Rekomendasi Kebijakan

Penerapan *Discrete Event Simulation* (DES) dalam sistem distribusi hortikultura di Cirebon memiliki potensi besar untuk memberikan dampak positif yang berkelanjutan, tidak hanya bagi pelaku agribisnis, tetapi juga bagi stabilitas ekonomi daerah dan ketahanan pangan nasional. Berikut adalah beberapa manfaat jangka panjang yang dapat diperoleh dari implementasi DES secara sistematis dan terintegrasi:

1. Reduksi Kerugian Pascapanen yang Signifikan

Salah satu permasalahan utama dalam distribusi sayuran segar adalah tingginya tingkat kerusakan produk akibat kondisi transportasi yang tidak optimal. Dengan DES, simulasi yang akurat mengenai waktu tempuh, kapasitas armada, serta rute terbaik dapat membantu meminimalkan durasi distribusi dan memastikan sayuran sampai di pasar dalam kondisi segar. Hal ini secara langsung menekan risiko kehilangan produk akibat pembusukan, patah, atau kerusakan fisik selama pengangkutan. Penurunan kerugian pascapanen ini juga berarti berkurangnya pemborosan sumber daya, termasuk air, tenaga kerja, dan lahan yang digunakan untuk produksi sayuran.

2. Peningkatan Pendapatan dan Kesejahteraan Petani

Ketika produk sampai ke pasar dalam kondisi prima, harga jual sayuran cenderung lebih tinggi karena kualitas dan kesegarannya terjaga. Dengan simulasi DES, petani dan pelaku rantai pasok dapat merencanakan pengiriman yang tepat waktu dan menghindari penumpukan produk yang menyebabkan penurunan harga. Peningkatan kualitas distribusi ini akan berkontribusi pada kenaikan margin keuntungan petani, sehingga memperbaiki kesejahteraan ekonomi masyarakat agraris di Cirebon. Di sisi lain, kestabilan pasokan yang lebih baik juga meningkatkan kepercayaan pembeli dan membuka peluang pasar baru, termasuk segmen ritel modern dan ekspor.

3. Perencanaan Rantai Pasok yang Berbasis Data dan Berkelanjutan

DES memberikan gambaran menyeluruh tentang sistem distribusi yang tidak hanya statis, tetapi mampu merefleksikan perubahan variabel dinamis seperti cuaca, volume panen, dan kondisi jalan. Dengan pemodelan tersebut, manajemen distribusi dapat mengidentifikasi titik-titik kritis (bottleneck) dan mengambil tindakan korektif secara proaktif. Monitoring berkala berdasarkan hasil simulasi memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih rasional dan berbasis data, sehingga perencanaan rantai pasok menjadi lebih adaptif dan berkelanjutan dalam jangka panjang.

4. Efisiensi Biaya Logistik dan Pengurangan Emisi Karbon

Penerapan DES memungkinkan desain rute distribusi yang lebih pendek dan cepat, sekaligus mengoptimalkan penggunaan armada kendaraan, termasuk kendaraan berpendingin. Pengoptimalan ini tidak hanya menghemat bahan bakar dan biaya operasional, tetapi juga mengurangi frekuensi perjalanan kosong dan waktu tunggu kendaraan. Efisiensi tersebut dapat menurunkan biaya logistik secara signifikan, sehingga harga akhir produk bagi konsumen menjadi lebih kompetitif. Selain itu, pengurangan perjalanan yang tidak efisien juga berdampak positif terhadap penurunan emisi karbon, mendukung praktik agribisnis yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

5. Mendorong Transformasi Digital di Sektor Pertanian

Implementasi DES merupakan bagian dari gerakan transformasi digital yang semakin penting dalam era industri 4.0, termasuk di sektor pertanian. Dengan memanfaatkan teknologi simulasi berbasis komputer, pelaku agribisnis di Cirebon dapat mulai mengadopsi sistem informasi digital untuk pencatatan data produksi, distribusi, dan konsumsi secara real-time. Digitalisasi ini membuka peluang integrasi dengan teknologi lain seperti Internet of Things (IoT), sensor suhu, GPS tracking, dan analitik big data. Kombinasi teknologi tersebut tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga memberikan visibilitas dan transparansi dalam rantai pasok sehingga memperkuat daya saing produk lokal di tingkat nasional maupun internasional.

6. Pengembangan Kapasitas dan Pemberdayaan Sumber Daya Manusia

Dengan diterapkannya teknologi simulasi seperti DES, pelatihan dan pengembangan kapasitas bagi petani, pengelola koperasi, dan tenaga distribusi menjadi hal yang penting. Program pelatihan yang berfokus pada literasi digital dan pengelolaan logistik modern akan

meningkatkan keterampilan dan pengetahuan sumber daya manusia lokal. Pemberdayaan ini menciptakan tenaga kerja yang lebih profesional, adaptif terhadap teknologi, dan mampu mengambil keputusan secara cepat berdasarkan data dan analisis sistem.

7. Mendukung Kebijakan Ketahanan Pangan dan Pengembangan Ekonomi Lokal

Optimalisasi rantai pasok hortikultura melalui DES berkontribusi pada ketersediaan pasokan sayuran yang lebih stabil dan berkualitas di pasar. Hal ini mendukung upaya pemerintah daerah dan nasional dalam menjaga ketahanan pangan serta mengurangi ketergantungan impor. Dengan efisiensi distribusi yang lebih baik, potensi pengembangan agroindustri dan pasar lokal dapat meningkat, membuka lapangan kerja baru, dan memperkuat perekonomian berbasis pertanian di Cirebon dan sekitarnya.

Rekomendasi Kebijakan untuk Mendukung Penerapan DES di Cirebon

Untuk merealisasikan manfaat jangka panjang tersebut, beberapa rekomendasi kebijakan yang dapat diambil pemerintah daerah dan pemangku kepentingan lain adalah sebagai berikut:

1. Penguatan Infrastruktur Digital dan Fisik. Pemerintah perlu mempercepat pembangunan infrastruktur digital seperti jaringan internet di wilayah pedesaan serta memperbaiki kondisi jalan penghubung sentra produksi ke pusat distribusi. Infrastruktur ini merupakan pondasi utama untuk mendukung pemanfaatan DES dan teknologi pendukung lainnya.
2. Program Pelatihan dan Penyuluhan Teknologi Simulasi. Melakukan pelatihan rutin bagi petani, pelaku koperasi, dan distributor tentang penggunaan aplikasi simulasi distribusi dan manajemen logistik berbasis digital. Penyuluhan ini harus dikemas secara praktis dan mudah dipahami agar adopsi teknologi lebih luas.
3. Pengembangan Kemitraan Multi-Pihak Mendorong kolaborasi antara pemerintah daerah, universitas, startup teknologi pertanian, dan koperasi tani dalam pengembangan dan penerapan model simulasi. Sinergi ini mempercepat transfer teknologi dan memastikan solusi yang dikembangkan relevan dengan kondisi lapangan.
4. Pemberian Insentif dan Dukungan Finansial. Menyediakan insentif fiskal atau hibah bagi koperasi dan pelaku usaha agribisnis yang berinvestasi dalam sistem digital dan teknologi distribusi berbasis DES. Dukungan ini penting untuk mengatasi hambatan biaya awal yang mungkin menjadi kendala.
5. Integrasi Data dan Sistem Informasi Rantai Pasok. Membangun platform informasi terpadu yang mengintegrasikan data produksi, distribusi, dan pasar secara real-time. Sistem ini harus mudah diakses oleh seluruh pemangku kepentingan guna meningkatkan transparansi dan koordinasi.
6. Monitoring dan Evaluasi Berbasis Data. Menerapkan sistem monitoring dan evaluasi yang berkelanjutan menggunakan data dari simulasi DES untuk mengukur dampak dan efektivitas kebijakan distribusi. Evaluasi ini menjadi dasar perbaikan strategi secara berkesinambungan.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penanganan barang berbahaya (dangerous goods) di perusahaan ekspedisi seperti JNE merupakan proses kompleks yang membutuhkan kepatuhan tinggi terhadap regulasi, prosedur teknis yang tepat, serta kompetensi sumber daya manusia yang memadai. Setiap tahapan mulai dari identifikasi dan klasifikasi, pengemasan dan pelabelan, hingga pengawasan operasional harus berjalan secara sistematis dan saling terintegrasi. Kegagalan dalam salah satu tahap dapat memicu risiko besar bagi keselamatan, lingkungan, serta reputasi perusahaan. Implementasi pelatihan berkelanjutan, penggunaan teknologi digital seperti RFID dan sistem monitoring real-time, serta pembentukan tim pengawasan khusus menjadi langkah strategis dalam meningkatkan keamanan dan efisiensi operasional.

Selain itu, penelitian ini menegaskan bahwa kepatuhan terhadap regulasi nasional dan internasional harus menjadi pilar utama dalam operasional JNE. Evaluasi risiko yang dilakukan secara berkala dan berbasis data dapat membantu perusahaan mengidentifikasi potensi bahaya lebih awal serta menyiapkan langkah mitigasi yang tepat. Rekomendasi perbaikan yang meliputi peningkatan fasilitas penyimpanan, pembaruan SOP, serta audit internal berkelanjutan akan memperkuat keandalan sistem manajemen risiko. Dengan demikian, JNE dapat memastikan bahwa proses pengiriman barang berbahaya dilakukan dengan aman, efisien, dan sesuai standar keselamatan logistik global.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprilia, G. C., Ukasyah, M., Ramadhan, N. D., Iswanto, T. N., Putri, T., & Maesaroh, S. S. (2023). Analisis Manajemen Risiko terhadap Jasa Pengiriman Barang JNE Cabang Tasikmalaya. *Jurnal Bina Manajemen*, 11(2), 93-105.
- Baskara, W. P., Widiangga, N., Novianto, H. Y., Sofiana, R. A. O., & Raharjo, A. S. (2023). Peningkatan Pemahaman Terkait Muatan Barang Berbahaya (Dangerous Goods) dan Blind Spot di SMAN 7 Denpasar. *LOSARI: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(2), 90-96.
- Bian, K., Wu, S., & He, Y. (2025). Identification of safety risks in the transportation process of hazardous goods by railways under a low-carbon background. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 20, 921-930.
- Darmawan, D., & Widayanti, A. (2024). Analisis Penanganan Bongkar Muat Barang Berbahaya (B3) di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. *Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi*, 49-54.
- Dr.V.Karthikeyan, & S, M. K. (2024). A STUDY ON THE RISKS AND CHALLENGES FACED BY THE EXPORTERS AND CARRIERS IN EXPORTING DANGEROUS AND HAZARDOUS GOODS. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 11(6), 388-393. <https://doi.org/10.17148/IARJSET.2024.11654>
- Johnny Miles, Matthew B. Huberman, M. & S. (2014). *Qualitative Data Analysis : A Methods Sourcebook*, Terj. Tjetjep Rohendi. SAGE.
- Nugraha, A. S., & Azisah, N. (2025a). Handling Dangerous Goods Issues Based On Radio Frequency Identification as An Export-Import Solution. *Maritime Park: Journal of*

Maritime Technology and Society, 4(2 SE-Port Management), 76-85.
<https://doi.org/10.62012/mp.vi.44149>

Nugraha, A. S., & Azisah, N. (2025b). Systematic Review of Dangerous Goods Handling in Port Operations: Safety Management Systems, Risk Assessment, and Technological Innovations. *Maritime Park: Journal of Maritime Technology and Society*, 4(3 SE-Port Management), 219-231. <https://doi.org/10.62012/mp.vi.45889>

Ratnawaty, L. (2022). Prosedur Baku Pelaksanaan Tanggung Jawab Terhadap Pengiriman Barang Oleh PT. Jne Kota Bogor. *YUSTISI*, 9(1).

Renčelj, M., Lindov, O., Pljakić, M., & Sever, D. (2025). Assessment of Dangerous Goods Transport: Case Western Balkan Countries. In *Sustainability* (Vol. 17, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/su17030891>

Skóra, J. (2024). Classification and labeling rules of hazardous materials transported by air. *Scientific Journal of Safety and Logistics*, 2(1).

Somadi, S. (2020). Evaluasi keterlambatan pengiriman barang dengan menggunakan metode six sigma. *Jurnal Logistik Indonesia*, 4(2), 81-93.

Sun, Y., Chen, Q., Guo, J., Adumene, S., Goleiji, E., & Yazdi, M. (2025). A risk-based review of dangerous goods storage and handling at a manufacturing facility. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 138(9), 4313-4336. <https://doi.org/10.1007/s00170-025-15778-3>